

PCT/EP 00 / 0 9 0 0 1
#2
15 DEC 2000
REC'D 27 DEC 2000
WIPO PCT
EP 00/900 1. 22/3
4

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 44 452.8

Anmeldetag: 16. September 1999

Anmelder/Inhaber: Florian Beil, Miesbach/DE;
Martin Streibl, Petershausen/DE;
Dr. Achim Wixforth, München/DE;

Bezeichnung: Positionsdetektor mit akustischen Oberflächenwellen

IPC: H 03 H, G 01 N, G 06 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. Oktober 2000
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Joost

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Zusammenfassung

Positionsdetektor mit akustischen Oberflächenwellen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum orts aufgelösten Nachweis der Wechselwirkung mindestens einer akustischen Oberflächenwelle mit mindestens einer äußeren Größe, die die akustische Oberflächenwelle(n) durch die Wechselwirkung in ihrer Ausbreitung beeinflusst, so daß die akustische Oberflächenwelle(n) durch Verwendung mindestens eines speziell ausgeführten Oberflächenwellenwandlers je nach Eingangsfrequenz an einem anderen Ort des Bereichs mindestens einer aktiven Fläche der verwendeten Vorrichtung propagiert und somit über eine Frequenz, bei der eine Wechselwirkung mit der äußeren Größe in der Übertragungsfunktion der verwendeten Oberflächenwellenwandler festgestellt wird, eine Ortsinformation und eine Information über die Art und Stärke der entsprechenden Wechselwirkung erhalten werden kann.

Dabei werden insbesondere sogenannte "getaperte" Oberflächenwellenwandler eingesetzt, bei denen der frequenzbestimmende Fingerabstand entlang der Achse des Wandlers nicht konstant ist. Auf diese Weise wird je nach angelegter Eingangsfrequenz an jeweils einem anderen Ort entlang der Achse des Wandlers eine Oberflächenwelle generiert. Eine Veränderung der Eingangsfrequenz hat dann eine Verschiebung der räumlichen Lage des Oberflächenwellenstrahls entlang der Achse des Wandlers zur Folge. Eine lokale Wechselwirkung der akustischen Oberflächenwelle mit einer äußeren Größe, wie zum Beispiel mechanischer Belastung der Oberfläche der Vorrichtung im Bereich des Ausbreitungsbereichs der akustischen Oberflächenwelle führt dann zu einer Änderung der Ausbreitung der Welle, z.B. einer Dämpfung oder einer Änderung der Schallgeschwindigkeit, die dann in der Übertragungsfunktion der Wandler oder in der Laufzeit der Welle nachgewiesen werden kann. Besonderer Vorteil der hier beschriebenen Erfindung ist neben der Einfachheit der Konstruktion und der Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten insbesondere die Möglichkeit der Funkabfragbarkeit der erhaltenen Informationen.

5 Positionsdetektor mit akustischen Oberflächenwellen

10 Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs I.

- 15 Mittels akustischer Oberflächenwellen (OFW) wird die räumliche Lage einer mit der OFW wechselwirkenden Größe auf einem zweidimensionalen sensitiven Bereich des Detektors festgestellt. Die mit der OFW wechselwirkende Größe verändert lokal entweder die Amplitude oder Phasengeschwindigkeit oder beide Kenngrößen der OFW. Unter Verwendung speziell ausgebildeter OFW Wandlerstrukturen kann der Ort der Wechselwirkung im Frequenzraum
20 abgebildet und damit ausgelesen werden.

Stand der Technik:

- 25 Akustische Oberflächenwellen werden seit etwa 30 Jahren für vielfältige Anwendungen in der Hochfrequenztechnik und der Sensorik eingesetzt. Seit der Erfindung sogenannter Interdigitalwandler (IDT) (White und Voltmer, 1965) werden solche OFW vornehmlich auf piezoelektrischen Substraten in industriellem Maßstab eingesetzt. Für die hier beschriebene Erfindung ist es maßgeblich, daß die Interdigitaltransducer in Form an sich bekannter
30 sogenannter 'getaperter' interdigitaler Transducer (TIDT) ausgelegt sind (U.S.Pat.4.635.008, U.S.Pat. 4.908.542, U.S.Pat. 5.831.492, U.S.Pat. 5.831.494). Hierbei ist entlang der Achse der Transducer der Fingerabstand nicht konstant, sondern verändert sich entlang der Achse. Diese Änderung des Fingerabstandes kann sowohl linear als auch einer komplizierteren Funktion folgend verlaufen. Die Konsequenz eines nicht konstanten Fingerabstandes entlang
35 der Achse von OFW Transducern ist eine Vergrößerung der Bandbreite konventioneller Transducer, da eine OFW jeweils an einem anderen Ort entlang der Achse des TIDT angeregt wird und somit abhängig von der genauen Ausführung des TIDT ein relativ großer Frequenzbereich zur Ausbildung einer OFW führt. In diesem Sinne sind TIDT bereits an sich bekannt und werden u.a. auch als dispersive Hochfrequenzfilter eingesetzt. Die Tatsache, daß
40 eine OFW je nach Eingangsfrequenz an jeweils anderer Stelle des Transducers entlang seiner Achse ausgebildet wird, wird unserer Kenntnis nach nur in U.S.Pat.4.635.008 ausgenutzt. Hier macht man von der Tatsache Gebrauch, daß sich bei entsprechender Ausführung des TIDT

bzw. des Filters, je nach Frequenz eine andere Laufzeit der OFW ergibt, die dann eine besondere Filterwirkung nach sich zieht. In der hier beschriebenen Erfindung wird die Tatsache, daß sich eine OFW je nach Eingangsfrequenz an anderer Stelle entlang der Achse des IDT ausbildet dazu vorteilhaft verwendet, daß über die Eingangsfrequenz ein wohldefinierter

- 5 OFW-Strahl erzeugt wird, der dann in Wechselwirkung mit einer äußeren Größe treten kann und dadurch lokal seine Ausbreitungseigenschaften verändert. Das Konzept, akustische Oberflächenwellen zur Ortsauflösung einer mechanischen Belastung des Substrates zu verwenden, ist ebenfalls an sich bekannt. Hierunter fallen Anwendungen, die im englischen Sprachraum mit 'touch screen' bezeichnet werden (U.S.Pat. 5.767.608, U.S.Pat. 5.838.088).
- 10 Bei beiden Patentschriften führt die Berührung der aktiven Sensoroberfläche zu einer Bedämpfung einer OFW, die durch verschiedene IDT erzeugt werden und voneinander durch u.a. unterschiedliche Laufzeiten unterschieden werden können. Auf diese Weise läßt sich die
-
- Position der Berührung in der Zeitdomäne abbilden.
-

- Nicht nur echt mechanische Berührung der aktiven Fläche von 'touch screens' führen zur
- 15 Veränderung der Ausbreitungseigenschaften einer OFW. Auch lokaler Massenbelag kann auf diese Weise detektiert werden. Als Beispiel für den Stand der Technik sei hier auf U.S.Pat. 5.235.235 und U.S.Pat. 5.325.704 verwiesen, bei denen es sich um chemische Sensoren handelt. Die Reaktion eines Reagenz mit einem dünnen funktionalisierten Film führt hierbei zu einer lokal selektiven Massenvergrößerung bestimmter Bereiche der Sensorfläche, die
- 20 wiederum über die Wechselwirkung mit einer OFW nachgewiesen werden kann.

- Prinzipiell lassen sich Sensoren der beschriebenen Weise natürlich auch für andere sensorische Prozesse einsetzen, bei der irgendeine äußere Größe lokal die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer OFW verändert. Beispielhaft sei hier die Wechselwirkung von OFW mit freien Ladungsträgern (Wixforth 1987) erwähnt. Der Ursprung der freien Ladungsträger im
- 25 piezoelektrischen Substrat, auf dem sich die OFW ausbreitet, kann ganz unterschiedlich sein. Für die hier beschriebene Erfindung sei an dieser Stelle beispielhaft die Generation freier Ladungsträger in einem Halbleiter unter Beleuchtung desselben erwähnt. Auf diese Weise läßt sich bei der hier beschriebenen Erfindung also auch die Position eines Lichtpunktes oder allgemein ein optisches Bild auf der sensiblen Fläche des Sensors nachweisen. Der lokale
- 30 Nachweis von Licht auf einer sensiblen Sensorfläche kann zur Positionsbestimmung (Quadranten-Photodiode) oder auch zur Rekonstruktion eines projizierten Bildes (Kamera) verwendet werden. Hierbei werden i.a. jedoch nach unserer Kenntnis bislang keine OFW eingesetzt.

- Ein weiterer, an sich bekannter Vorteil von Sensoren auf der Basis akustischer
- 35 Oberflächenwellen beruht in der Tatsache, daß solche Sensoren funkabfragbar, d.h. drahtlos abfragbar sind. Hierfür sei beispielhaft EP 0 867 826 A2 angeführt. Die die Oberflächenwelle anregende Hochfrequenz wird hierbei über eine Antenne an den IDT herangeführt und nach

Ablauf einer durch die entsprechende Laufzeit der OFW und der evtl. Wechselwirkung mit einer äußeren Größe wiederum über eine Antenne abgestrahlt. Ein Abfragegerät kann diese abgestrahlte Hochfrequenz empfangen und bezüglich der Meßgröße auswerten.

5 Aufgabe der Erfindung

Die Aufgabe der hier beschriebenen Erfindung liegt darin, orts aufgelöst die lokale Wechselwirkung einer oder mehrerer akustischer Oberflächenwellen mit einer äußeren Größe nachzuweisen und somit zu sensorischen Zwecken zu verwenden. Die äußere Größe kann beispielhaft eine mechanische Beeinflussung der sensitiven Fläche im Sinne eines 'touch screens', ein Massenbelag durch z.B. lokale chemische Reaktionen, die Wechselwirkung von Licht mit dem sensitiven Bereich des Elements durch Erzeugung freier oder gebundener Ladungsträger oder andere Arten der Wechselwirkung der äußeren Größe mit dem sensitiven Element der hier beschriebenen Vorrichtung sein. Dabei soll die Information über den Ort der Wechselwirkung im Bereich des sensitiven Elements in eine Frequenzinformation konvertiert werden. Die so erhaltene Ortsinformation soll dann abgefragt werden können, dies entweder direkt oder auch drahtlos im Sinne eines funkabfragbaren Sensors.

Vorteile der Erfindung

Besonderer Vorteil der hier beschriebenen Erfindung liegt in der Einfachheit der Konstruktion, der hohen Ortsauflösung und der großen Nachweisempfindlichkeit gegenüber anderen, nach dem Stand der Technik an sich bekannten Lösungen. Die relative Unabhängigkeit der Funktionsweise der hier beschriebenen Erfindung von der Wahl des verwendeten Ausgangsmaterials erlaubt darüberhinaus eine Vielfalt denkbarer Einsatzmöglichkeiten. Die Verwendung von akustischen Oberflächenwellen erlaubt darüberhinaus einen Einsatz als funkabfragbarer Sensor.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

30 In Figur 1 ist schematisch ein sogenannter 'tapered' Interdigitaltransducer (TIDT) dargestellt. Hierbei ist der Abstand der metallischen Finger entlang der Achse des TIDT nicht konstant, sondern variiert entlang dieser Achse - in der einfachsten Ausführungsform linear. Ein hochfrequentes Eingangssignal wird gemäß des Zusammenhangs $f_i = v_s / \lambda_i$ (nullte Näherung) an dem Ort entlang der Achse des TIDT eine OFW anregen, an dem der Fingerabstand d gerade der Wellenlänge λ_i einer OFW bei der Frequenz f_i ist.

35 Dadurch wird beim Durchfahren der Frequenz von f_0 nach f_n ein OFW-Strahl angeregt, der seine Position entlang der Achse des TIDT stetig von $x=x_0$ nach $x=x_n$ ändert. Die jeweilige

Frequenz f_i bestimmt dabei die Position des OFW-Strahls. Der TIDT muß nicht notwendigerweise linear gewichtet sein. Auch kompliziertere Funktionen des Fingerabstandes d vom Ort x entlang der Achse des TIDT sind je nach Anwendung denkbar.

5 In Figur 2a ist die Funktion eines linearen, eindimensionalen Lichtsensors als eine denkbare Ausführungsform der hier beschriebenen Erfindung schematisch dargestellt. Zwischen den beiden TIDT wird das Sensorelement lokal beleuchtet. An dieser Stelle erzeugen die einfallenden Photonen im halbleitenden Substrat freie Ladungsträger, die ihrerseits mit der OFW wechselwirken und dadurch deren Ausbreitungseigenschaften (hier beispielhaft die
10 Amplitude der OFW) lokal ändern. Nur OFW-Strahlen, die durch den Wechselwirkungsbereich transmittiert werden, werden auch in ihren Ausbreitungseigenschaften beeinflusst. In der Übertragungsfunktion S_{12} der beiden TIDT äußert sich diese lokale Wechselwirkung (hier beispielhaft Dämpfung) ~~dann als ein deutlicher Einbruch in der transmittierten Intensität bei der~~
dem Ort der Wechselwirkung zugeordneten Frequenz (s. Figur 2b)

15 Als eine mögliche, beispielhaft erwähnte Anwendung dieses Sensorelementes sei eine Anwendung des Sensorelementes als orts- und damit Energieauflösendes Element in einem Spektrometer genannt. Mithilfe eines solchen Spektrometers (das auch miniaturisiert mit dem Sensorelement integriert werden könnte) könnte z.B. Das Spektrum eines brennenden Gases o.ä. funkabfragbar im Sinne der Umweltsensorik überwacht werden.

20

In Figur 3a wird als eine weitere beispielhafte Ausführungsform der hier beschriebenen Erfindung ein zweidimensional ortsauflösender Detektor dargestellt. Hier werden nun beispielhaft zwei Sätze von TIDT verwendet, von denen einer die x-Richtung und der zweite, orthogonal dazu angeordnete Satz von TIDT die y-Richtung der sensitiven Fläche des
25 Elementes mit OFW überstreicht. Sind die Übertragungsfunktionen beider Sätze von TIDT darüberhinaus so gewählt, daß die beiden Bandpaß-Frequenzbereiche nicht identisch sind, so kann die gesamte zweidimensionale Ortsinformation in einem Frequenzsweep abgefragt werden. In einer anderen Ausführung kann die Trennung der Ortsinformation in x- bzw. y-Richtung auch durch unterschiedliche Laufzeiten der Schallwelle in den beiden Schallpfaden
30 kodiert werden. Die Frequenzkodierung ist beispielhaft in der Figur 3b dargestellt - es wurde zur Verdeutlichung wieder die Wechselwirkung von Licht mit den OFW für die beispielhafte Ausführungsform gewählt. Identische Ergebnisse werden jedoch in der hier beispielhaft dargestellten Ausführungsform auch durch einen lokalen Massenbelag in Sinne eines chemischen Sensors oder eine Mikro-touchscreens erreicht.

35

Auch eine Verwendung der in Figur 3 dargestellten beispielhaften Ausführungsform der hier beschriebenen Erfindung als "Kamera" ist möglich, wie wir in Figur 3 demonstrieren. Hier

wurde die sensitive Fläche des Elements mit einem optischen Bild beleuchtet, das unter Verwendung an sich bekannter Bildverarbeitungssoftware direkt aus dem Frequenzgang des Sensorelementes rekonstruiert werden konnte.

5

Bezugszeichenliste:

- (1) schmaler Schallpfad
- (2) Zuleitungen
- 10 (3) Getaperter Interdigitaltransducer
- (4) Lokale Störung der electromechanischen Eigenschaften des SAW-Substrates
- (5) Optische bzw. mechanische Meßgröße
- ~~(6) Bandpass der HF-Transmission der SAW-Delayline~~
- (7) Durch Störung im Schallpfad induzierte Dämpfung bzw. Phasendrehung der Welle.

15

Patentansprüche:

1.

- 5 Vorrichtung und Verfahren zum orts aufgelösten Nachweis der Wechselwirkung mindestens einer akustischen Oberflächenwelle mit mindestens einer äußeren Größe, die die akustische Oberflächenwelle(n) durch die Wechselwirkung in ihrer Ausbreitung beeinflusst,

dadurch gekennzeichnet,

- 10 daß die akustische Oberflächenwelle(n) durch Verwendung mindestens eines speziell ausgeführten Oberflächenwellenwandlers je nach Eingangsfrequenz an einem anderen Ort des Bereichs mindestens einer aktiven Fläche der verwendeten Vorrichtung propagiert und somit
- ~~über die Frequenz, bei der eine Wechselwirkung mit der äußeren Größe in der~~
- Übertragungsfunktion der verwendeten Oberflächenwellenwandler festgestellt wird,
- 15 mindestens eine Ortsinformation und mindestens eine Information über die Art und Stärke der entsprechenden Wechselwirkung erhalten werden kann.

2.

Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

20

dadurch gekennzeichnet,

daß die verwendeten Oberflächenwellenwandler in Form sogenannter "getaperter" Interdigitalwandler ausgeführt sind, bei denen der frequenzbestimmende Fingerabstand entlang der Achse des Oberflächenwellenwandlers nicht konstant ist.

25

3.

Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 30 daß die verwendeten Oberflächenwellenwandler je nach eingespeistem Hochfrequenzsignal durch ihre Konstruktion an einer anderen Stelle entlang ihrer Achse eine akustische Oberflächenwelle generiert.

35

4.

Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 5 daß der Ort und die Stärke der Wechselwirkung der akustischen Oberflächenwelle mit einer äußeren Größe in der Übertragungsfunktion der verwendeten Oberflächenwellenwandler bzw. der Laufzeit der entsprechenden Oberflächenwelle(n) nachgewiesen werden kann.

5.

- 10 Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

~~daß die äußere, mit der oder den akustischen Oberflächenwellen wechselwirkende Größe~~
durch Beleuchtung mindestens eines Teils der verwendeten Vorrichtung vermittelt wird.

15

6.

Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 20 daß die äußere, mit der oder den akustischen Oberflächenwellen wechselwirkende Größe durch lokale mechanische Belastung mindestens eines Teils der verwendeten Vorrichtung vermittelt wird.

7.

- 25 Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß mindestens ein Teil der verwendeten Vorrichtung in dem Sinne funktionalisiert worden ist,
daß dieser Teil chemisch oder physikalisch mit äußeren Reagenzien in Form eines Massebelags
30 reagiert.

8.

Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

- 35 dadurch gekennzeichnet,

daß die äußere, mit der oder den akustischen Oberflächenwellen wechselwirkende Größe durch lokale Ladungen an mindestens einem Teil der verwendeten Vorrichtung vermittelt wird.

9.

Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 5 daß die äußere, mit der oder den akustischen Oberflächenwellen wechselwirkende Größe durch lokale Erwärmung mindestens eines Teils der verwendeten Vorrichtung vermittelt wird.

10.

Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

10

dadurch gekennzeichnet,

daß die äußere, mit der oder den akustischen Oberflächenwellen wechselwirkende Größe durch lokale Magnetfelder an mindestens einem Bereich der verwendeten Vorrichtung vermittelt wird.

15 11.

Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 20 daß die hier beschriebene Vorrichtung bzw. die durch sie vermittelte lokale Wechselwirkung mit einer nach den vorgehenden Patentansprüchen definierten äußeren Größen durch die Verwendung mindestens einer weiteren Vorrichtung drahtlos funkabgefragt werden kann.

12.

Vorrichtung und Verfahren nach Patentanspruch 1,

25

dadurch gekennzeichnet,

- 30 daß die Vorrichtung(en) nach Patentanspruch 8 zur Funkabfragbarkeit über eine Kodierung der Übertragungsfunktion in der Zeit- oder Frequenzdomäne zusätzlich zu den in Patentanspruch 4 definierten Informationen über Stärke und Ort der Wechselwirkung eine Identifizierung der funkabfragbaren Vorrichtung erlaubt.

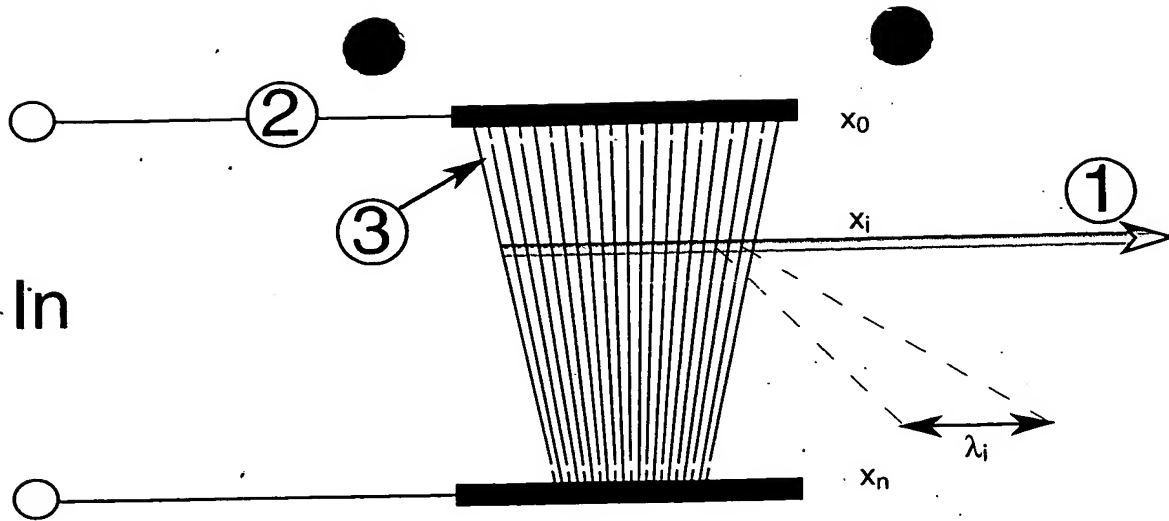
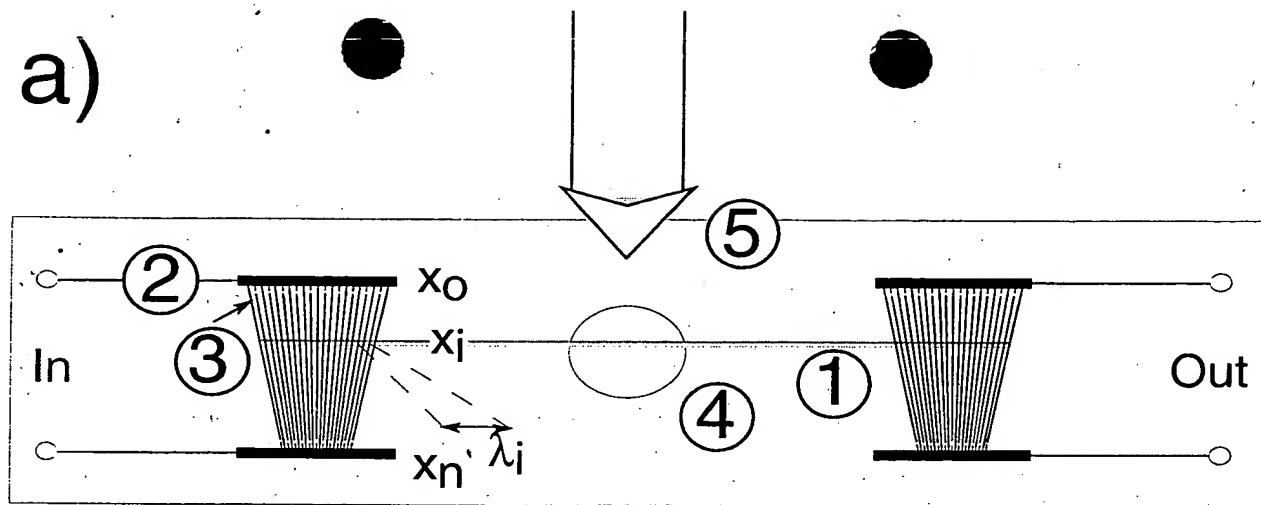


Fig. 1

a)



b)

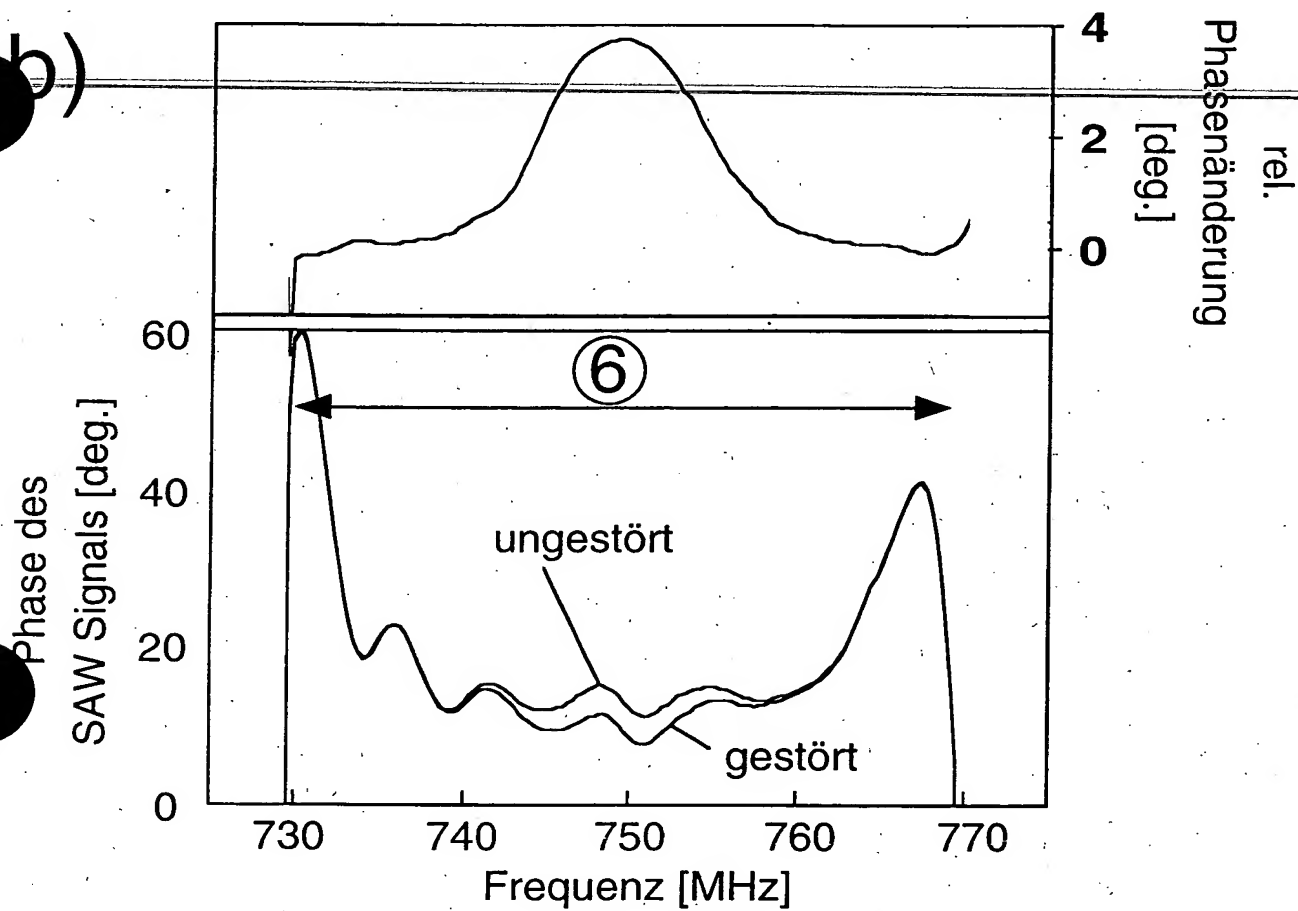


Fig. 2

